

# YANAPAY: SISTEMA DE EVACUACIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA RFID Y DISPOSITIVOS ANDROID

## YANAPAY: EVACUATION SYSTEM BASED ON RFID TECHNOLOGY AND ANDROID DEVICES

Patricia Ludeña G.<sup>1,\*</sup>, Katty Rohoden J.<sup>1</sup>, César Palacios A.<sup>2</sup> y Max Rohoden J.<sup>2</sup>

### Resumen

Estudios recientes sobre el uso de herramientas tecnológicas en situaciones de emergencia determinan que éstas contribuyen notoriamente al éxito de los planes de evacuación; por ello en los últimos años se han propuesto diferentes iniciativas, principalmente en cuanto a solventar la disponibilidad de información de rutas de escape y estados de alerta. YANAPAY es un sistema de evacuación desarrollado para dispositivos móviles Android que brinda asistencia personalizada en situaciones de emergencia. La aplicación móvil indica al usuario su ubicación dentro del edificio y la ruta más corta y segura de evacuación. El usuario dispone de dos mecanismos de información, primero las rutas de evacuación calculadas se visualizan sobre planos 2D; y segundo, el sistema envía mensajes de alerta de sitios peligrosos. Los usuarios se monitorean usando tecnología RFID en pasillos, escaleras y salidas de emergencia y acoplando un módulo de lectura RFID al dispositivo móvil. Periódicamente se actualizan las rutas a través de sensores en pasillos y oficinas, que se conectan a un servidor, por medio de un módulo de adquisición, para que éste, inálámbicamente actualice los datos del dispositivo móvil. Yanapay se validó a través de metodologías de pruebas internacionales para cada uno de sus componentes.

### Abstract

Recent studies show that the use of technological tools in emergency situations contribute significantly to the success of the evacuation plans; because of this, in the last years different initiatives have been proposed, mainly in terms of solving the availability of information on escape routes and alertness. YANAPAY is an evacuation system, developed for mobile devices (Android), which provides personalized assistance in emergencies. The mobile application shows to the user its location into the building and the shortest and safest evacuation route. The user has two information mechanisms, firstly the calculated evacuation routes are shown over the 2D planes; and second, the system sends alert messages of the dangerous sites. Users are monitored using RFID technology in corridors, stairs and emergency exits, and by coupling an RFID lecture module to the mobile device. The routes are updated periodically through sensors in corridors and offices, and they will connect to a server using an acquisition module, which will wirelessly update the mobile device data. YANAPAY was validated through methodologies of international tests for each one of their components.

**Palabras clave:** Android, IoT, RFID, sistema de evacuación

**Keywords:** Android, IoT, RFID, Evacuation system.

<sup>1,\*</sup> Máster en Redes de Telecomunicación, ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones. Profesor/Investigador en el Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica de la Universidad Técnica Particular de Loja – UTPL. Autor para correspondencia ✉: [pjludena@utpl.edu.ec](mailto:pjludena@utpl.edu.ec)

<sup>2</sup>Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica – Universidad Técnica Particular de Loja – UTPL.

Recibido: 12-11-2015, aprobado tras revisión: 20-11-2015.

Forma sugerida de citación: Ludeña, P.; Rohoden, K.; Palacios, C.; Rohoden, M. (2015). “Yanapay: sistema de evacuación basado en tecnología RFID y dispositivos Android”. INGENIUS. N.º14, (Julio-Diciembre). pp. 5-13. ISSN: 1390-650X.

## 1. Introducción

La evacuación de un determinado lugar en caso de emergencia ha constituido, desde hace mucho tiempo atrás, una preocupación continua para el sector de la seguridad ciudadana. Existen varios análisis académicos de situaciones de evacuación desde los más básicos, como el de metodología estática, hasta los que han arrojado mejores resultados, como el de metodología de modelado [1].

Este interés por las situaciones de evacuación se ha visto reflejado en varios proyectos de desarrollo de aplicaciones móviles para los ocupantes dentro de edificaciones [2–5]. Estos proyectos estudian falencias de los procesos de evacuación e incluso de la infraestructura de evacuación, y basándose en estas falencias se desarrolla una aplicación móvil con funcionalidades para mejorar la experiencia de evacuación. Algunas de estas aplicaciones requieren de montaje e infraestructura costosa en el edificio, mientras que, otras solo hacen uso de los sensores propios del teléfono móvil.

YANAPAY aprovecha el momento tecnológico que se está viviendo en el mundo y la característica de ubicuidad de las redes celulares. En la Unión Europea (UE) la medida del índice de penetración de Internet es del 68 % [6]. En Ecuador, según estadísticas del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) a diciembre del 2011, el 31,4 % de la población utilizó Internet. De este grupo un 62,5 % lo hizo fuera de sus hogares, es decir, en centros de acceso público, en instituciones educativas y en el trabajo; lugares adecuados para la aplicación de un sistema de evacuación basado en dispositivos móviles [7]. El 8,4 % de los ecuatorianos, que tienen un teléfono celular activo (46,6 %), poseen un *smartphone*, es decir, menos de la media de Latinoamérica (17 %) y muy por debajo de la media comunitaria de banda ancha móvil en la UE (43,1 %) [8]. Sin embargo, la tendencia en Latinoamérica es reducir la brecha digital con los países del primer mundo y subsecuentemente la implementación de los sistemas tecnológicos más avanzados, como son los sistemas de evacuación basados en dispositivos móviles.

El propósito de este trabajo es diseñar un sistema de evacuación en donde los dispositivos móviles puedan acceder a un servidor Web que les indique la mejor ruta de evacuación. Al realizarse los procesos de cálculo en el servidor Web, se libera a los dispositivos móviles de procesos inadecuados que pueden afectar a su rendimiento. Además, se garantiza que la batería del dispositivo móvil no se agote demasiado rápido y, por lo tanto, que el proceso de evacuación se pueda llevar a cabo.

## 2. Marco referencial

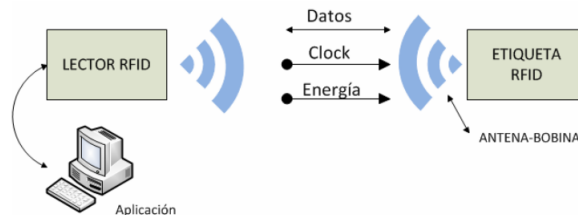
### 2.1. Identificación por radiofrecuencia (RFID)

La tecnología RFID [9] es una aplicación específica de los sistemas NFC (*Near Field Communications*). RFID

permite la identificación de manera inalámbrica y sin necesidad de línea de vista [10], esta característica la hace ideal para sistemas de localización, rastreo de mercancías, entre otras.

La Figura 1 muestra un sistema RFID básico que consta de un lector con una o más antenas, etiquetas de identificación y software que realice el procesamiento de la información recogida por los lectores. El lector es capaz de identificar las etiquetas cercanas por ondas de radio y además de diferenciar el tipo de comunicación de campo cercano de la que se trate. La etiqueta se activa con la presencia del campo RF, el lector establece la comunicación usando el esquema de modulación, codificación a nivel de bit, velocidad de bit, y otros parámetros asociados a los métodos de señalización [11].

RFID usa los siguientes rangos de frecuencia: LF de 135 KHz, HF 13,56 MHz, UHF 860-960 MHz y microondas 2.4 GHz y 5.8 GHz. Tales rangos limitan las condiciones de propagación del campo electromagnético, la distancia máxima de lectura y la sensibilidad de los materiales que conforman los dispositivos [12].



**Figura 1.** Elementos de un sistema RFID: Lector RFID, etiqueta RFID, canal de comunicación y aplicación.

## 3. Estado del arte

### 3.1. Aplicaciones RFID en dispositivos móviles

La tendencia actual de equipar dispositivos móviles con periféricos y aplicaciones innovadoras ha permitido que los usuarios accedan a nuevos y mejores servicios, este paradigma es abordado por *Internet of Things* (IoT) [13].

Cuando se integran estos sistemas con etiquetas RFID, el resultado es un conjunto de aplicaciones que permiten controlar y monitorear tareas y acciones en tiempo real. Lo que convierte a cada dispositivo móvil en un sensor disponible todo el tiempo, capaz de interactuar entre sí y con la suficiente densidad de penetración como para convertirlo en un recolector ideal de datos. Estas características permiten acciones con o sin la intervención humana en ciertos eventos.

RFID Móvil es una tecnología emergente que usa el teléfono móvil como un dispositivo de lectura RFID que integra tecnología inalámbrica, comunicaciones móviles y una infraestructura de red de sensores [14]. Actualmente, la tecnología RFID Móvil puede representar dos

tipos de combinaciones: teléfono inteligente equipado con etiqueta RFID (*RFID-tag-attached mobile phone*) o equipado con lector RFID (*RFID-reader-equipped mobile phone*). Claramente cada combinación tiene campos de aplicación diferentes. La primera apunta más al pago de tarjetas, control de accesos, autenticación de identidad, entre otras. La segunda, por otro lado, puede ser utilizada para proveer al usuario información detallada del objeto etiquetado accediendo a la red de datos inalámbrica.

Las redes de sensores inalámbricas también han sido consideradas para el desarrollo de sistemas de evacuación [15]. Por ejemplo, los autores de [16] trabajaron con sensores ZigBee. Estos sensores fueron desplegados cerca uno de otro para formar una red y detectar fuego. Sin embargo, las rutas de la red pueden ser fácilmente interrumpidas por el despliegue de fuego, provocando que las instrucciones de evacuación sean inaccesibles. En [17] se propone un sistema de red de sensores para detección de desastres. Este sistema está compuesto de varios sensores como: sensor de calor, sensor de humo, cámaras, etc. Sin embargo, este sistema no provee información sobre la situación del desastre en tiempo real, por lo que las personas afectadas no serán evacuadas a tiempo.

La mayoría de las propuestas se basan en transmisores de señales de radio, o en redes de sensores [15–18]. En donde las rutas de evacuación se dan de acuerdo con caminos preinstalados. Si el cálculo de una nueva ruta es necesario, estas propuestas no estarían en la capacidad de desarrollarlo, ya que no fueron diseñados para ello. Por lo tanto, los sistemas de evacuación en tiempo real son necesarios.

### 3.2. Estudio de situaciones de emergencia

Se define emergencia como “...la alteración de las condiciones normales de funcionamiento de un individuo o grupo humano...” [19]. La principal prioridad en un edificio ante una situación de emergencia es que la totalidad de los ocupantes puedan desplazarse hasta un lugar seguro en el mínimo tiempo con las mínimas garantías de seguridad. Este tiempo de evacuación ( $T_{evac}$ ) se define en [16] según la ecuación (1):

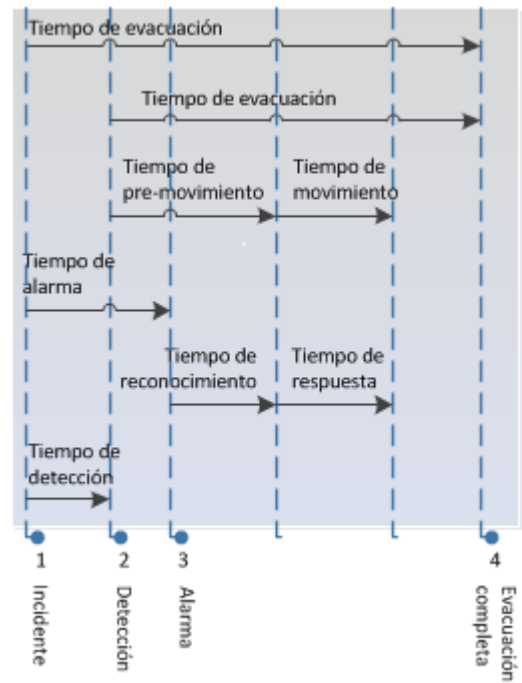
$$T_{evac} = T_{det} + T_{resp} + T_{desp} \quad (1)$$

donde:  $T_{det}$  es el tiempo de detección, tiempo que tarda el sistema de detección en activar e iniciar la secuencia de notificación de alarma,  $T_{resp}$  es el tiempo de respuesta, cuánto tardan los ocupantes en empezar a moverse hacia las rutas de evacuación y  $T_{desp}$  es el tiempo de desplazamiento, tiempo efectivo que tardan los ocupantes en evacuar la zona y llegar a un lugar seguro.

La efectividad de una evacuación depende en gran porcentaje de la forma en que el ocupante elige la ruta

de escape y se rige casi en su totalidad por el comportamiento humano. Según [20] dos factores definen esta elección:

- Conocimiento del entorno de acuerdo con los factores internos, por ejemplo, un mapa cognitivo de la geometría del oficio y entrenamiento apropiado del personal.
- Conocimiento del entorno sobre la base de los factores externos, es decir, la interacción con el entorno y con otros ocupantes, por ejemplo, grandes aglomeraciones de personas, señalización adecuada de las salidas y un sistema eficiente de comunicación.



**Figura 2.** Línea temporal del desarrollo de evacuación ante una emergencia.

### 3.3. Desarrollo de aplicaciones móviles para situaciones de emergencia

Debido a que la información que disponen las víctimas en una situación de evacuación es decisiva, y considerando la ubicuidad de dispositivos móviles, se plantea el desarrollo de aplicaciones que reúnan estos elementos [21, 22].

El objetivo primordial que debe cumplir una aplicación de un teléfono móvil en una situación de emergencia es que las víctimas evacuen por la ruta más segura y corta en el menor tiempo posible [3]. Por ello una característica fundamental de este tipo de aplicaciones es que las formas de presentar las instrucciones de navegación se seleccionen sobre la base de las características de la situación de emergencia.

Baus, Cheverst y Kray [5] describen un estudio sobre las diferentes soluciones empleadas en guías móviles, entre ellas modelos 2D, modelos 3D, instrucciones textuales, direcciones auditivas, y croquis de rutas. Luego del estudio se concluye que si bien los modelos 2D son representaciones bien conocidas del entorno, los modelos 3D o fotografías con realidad aumentada usan las habilidades espaciales naturales del usuario. Sin embargo, si el modelo 3D no tiene una calidad excelente el entorno que navega sería confuso y tampoco serviría para entrenamiento. En este aspecto, un modelo 2D requiere un nivel mínimo de calidad y se presta a menos confusiones o desorientaciones del usuario.

En [2], Chitarro y Nadalutti describen la implementación de un prototipo que muestra instrucciones simples y efectivas para la evacuación mediante gráficos de realidad aumentada en el dispositivo móvil. El sistema usa lectores RFID en los celulares y varias etiquetas colocadas en lugares fijos del edificio, el fin es determinar la ubicación de la persona poseedora del móvil para guiarlo a la salida de emergencia. Luego de testeado el proyecto se observan dos restricciones importantes para que la determinación de la ubicación sea precisa.

1. La distancia entre cada etiqueta RFID no debe ser mayor a 2 m, lo que directamente implica un gran número de etiquetas en todo el edificio.
2. La velocidad de movimiento del dispositivo que realiza la lectura de cada etiqueta debe ser constante.

Otra solución eficaz de evacuación para teléfonos móviles es la desarrollada por Junho Ahn y Richard Han de la Universidad de Colorado (EU) denominada *RescueMe* [3]. Esta solución, está enfocada en edificios o fábricas de gran tamaño y con caminos complejos hacia las puertas de evacuación. Su objetivo primordial es indicar la salida óptima al usuario, es decir, la salida menos concurrida y a la cual toma menos tiempo llegar.

Todo el sistema de evacuación de la aplicación *RescueMe* tiene como base cuatro componentes:

- Localización basada en imágenes (*image-based location*).
- Realidad aumentada (AR, *Augmented Reality*).
- Podometría personalizada, y
- Algoritmo de recomendación.

En la evaluación del proyecto se llegaron a las siguientes conclusiones:

Cuando la gente está distribuida aleatoriamente el método de la salida más cercana y el de *RescueMe* son más efectivos y toman, en promedio, el mismo tiempo

de evacuación; y, por otra parte, cuando la gente está en grupos numerosos el método *RescueMe* permite la evacuación más rápida que el de la salida más cercana.

Otros trabajos en evacuación para situaciones de emergencia se enfocan más en la toma de decisiones de las personas cuando se encuentran en una situación de peligro. En un estudio para un sistema de evacuación para una circunstancia de desastre, liderado por la Universidad Karabuk (Turquía) [4], se indican ciertas consideraciones que se deben tomar en cuenta a la hora de diseñar un sistema como tal:

- En una situación de emergencia, los visitantes usan la puerta de entrada para evacuar porque les es más familiar.
- En una situación de emergencia, los ocupantes regulares del edificio usan la puerta de emergencia para evacuar.
- Cuando una alarma suena los ocupantes usan un periodo crítico de tiempo solamente en decidirse evacuar el edificio.
- El 82 % de las razones por las que los ocupantes evacuan un edificio es por humo, gritos, voces y llamas. Solo un 7 % evacua inmediatamente luego de escuchar la alarma.
- Un 36 % de las razones de muerte en un incendio residencial es la inhalación de humo. Un 25 % es por quemaduras y asfixia.
- El tiempo de evacuación depende de dos factores: preferencias de salida y problemas de visibilidad por el humo.
- La mayoría de ocupantes se vuelven o detienen si el humo impide ver menos de 20 metros adelante en la ruta de evacuación.

## 4. Materiales y métodos

### 4.1. Metodología

La metodología usada se divide en tres fases: exploratoria, experimental y análisis de resultados.

En la fase exploratoria se construyó el estado del arte en función de proyectos de tesis, revistas y publicaciones científicas, artículos e informes técnicos sobre RFID y aplicaciones para sistemas de evacuación en emergencia.

La fase experimental divide el sistema de evacuación en bloques de desarrollo independientes, como se muestra en la Figura 3. Pudiendo trabajar en varios módulos a la vez, para su posterior integración al sistema. Los bloques definidos son cinco: red de sensores, servidor Web, aplicación móvil Android, sistema de localización RFID, montaje del sistema e infraestructura.

Finalmente, la fase de análisis de resultados, consiste en tres tipos de pruebas: validación de cada módulo por separado; luego, pruebas de la aplicación propuesta con el fin de optimizarla; y, finalmente, analizar el comportamiento y respuesta del sistema, mediante simulaciones de situaciones de emergencia en el modelo a escala del edificio.

#### 4.2. Materiales

Los materiales que se utilizan en el desarrollo experimental del prototipo, responden a cinco necesidades básicas:

1) Red de sensores de monitoreo. Con respecto al prototipo instalado, se cuenta con sensores de calor y detectores antincendios. La red de sensores envía la información al servidor de rutas de evacuación a través de una interfaz de adquisición de datos (sensores, microcontrolador, módulo TCP/IP/, módulo Ethernet).

2) Sistema de monitoreo de sistema de evacuación. El sistema se instala en un servidor Web para la gestión de incidencias y evaluación de reportes posteriores. El servidor identifica de qué sensor proviene la información y la almacena en su base de datos, MySQL. El servidor también es responsable de emitir señales de alerta de acuerdo con patrones de identificación de emergencias.

3) *Software* de programación móvil. El dispositivo móvil toma lecturas de la red RFID, ubica al usuario en un plano 2D y envía un reporte de estado al servidor Web, a través de la red RFID o Ethernet. La aplicación es capaz de dar instrucciones de evacuación según las lecturas de la red de sensores, la localización de la víctima y planes de evacuación institucionales. Adicionalmente, se realizaron pruebas de desempeño para la aplicación, acorde a los lineamientos dictados por la alianza AQUA y los criterios UTI *Testing Criteria* (UTC) versión 1.1.

4) Sistema de localización RFID. Este sistema está conformado por las etiquetas de radiofrecuencia dispuestas a lo largo de las vías de acceso del escenario de prueba y el módulo de adquisición RFID conectado al teléfono. La Tabla 1 presenta el número de cada dispositivo por planta, para el escenario de prueba.

5) Escenario de prueba. El sistema de evacuación se evaluó implementándolo en un modelo a escala. En este modelo a escala se ubicaron las etiquetas RFID y los sensores de temperatura. Para facilitar la simulación del sistema se consideran las siguientes características, para los modelos a escala:

1. Carece de techo y cielorraso para permitir visualizar los cuartos, los pasillos y las salidas de emergencia, y consta de mínimo dos pisos para poder probar el sistema de evacuación de un piso a otro.

2. Las paredes de la maqueta son diseñadas tomando en cuenta la distancia máxima de lectura del módulo RFID.

El *software* utilizado para el sistema de evacuación, que se detalla a continuación, fue seleccionado por características como licencia libre, de tipo relacional y gestión sencilla:

1. CodevisionAVR, para programar el microcontrolador de adquisición de información de sensores.
2. WizNet, *software* para configuración del módulo conversor serial-Ethernet para la gestión de sensores.
3. IDE Netbeans, contiene las aplicaciones Java para la lectura de las tramas TCP/IP y para la generación del servicio Web.
4. GlassFish, para crear la aplicación Web.
5. Eclipse Indigo IDE, para la programación de las aplicaciones Android.

El diagrama de flujo de la Figura 4 muestra el proceso de ejecución de la aplicación para el sistema de evacuación.

#### 4.3. Ruta de evacuación

La ruta de evacuación debe ser la más corta posible, para lo cual, el algoritmo de Dijkstra permite encontrar la ruta de coste mínimo desde un nodo origen a todos los demás nodos. Basa su funcionamiento en el principio de optimizar, es decir, si la ruta más corta entre dos nodos a y c pasa por el nodo b, entonces la ruta que va desde b hasta c deberá ser la ruta más corta entre todas las rutas que van desde b hasta c. La topología lógica se construye según los planos de cada planta, considerando la distancia de pasillos como peso de cada arista y actualizando las rutas de acuerdo con los obstáculos determinados por la red de sensores, por ejemplo: incendios, pasillos cerrados, líneas de evacuación no funcionales, etc.

### 5. Análisis de resultados

#### 5.1. Tiempo máximo de actualización de las alarmas

El tiempo a esperar por la actualización de una alarma es la diferencia entre el instante en que la temperatura superó el valor máximo y el instante en el que el usuario visualiza la alerta en su teléfono.

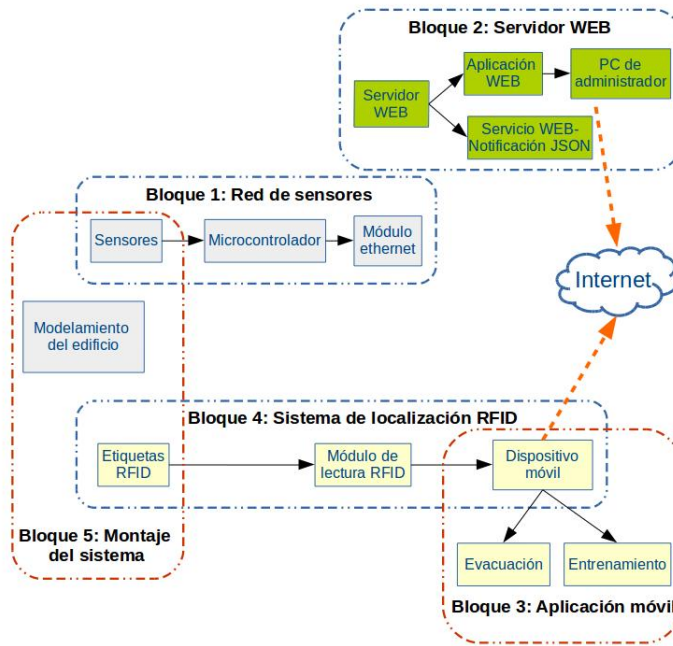


Figura 3. Fase experimental del sistema de evacuación.

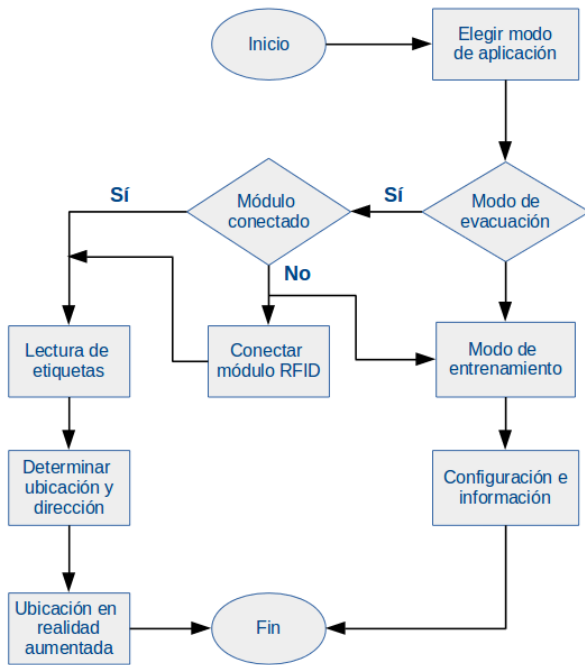


Figura 4. Fase experimental del sistema de evacuación.

Entonces, el tiempo máximo de actualización de alarmas  $T_{\max}$  puede calcularse como:

$$T_{\max} = T_{\text{act}} + T_{\text{micro}} + T_{\text{web}} + T_{\text{rfid}} \quad (2)$$

donde:  $T_{\text{act}}$  es el tiempo total de actualización de las alertas en el teléfono,  $T_{\text{micro}}$  es el tiempo máximo que tarda el microcontrolador en realizar las lecturas del valor de los sensores,  $T_{\text{web}}$  es el tiempo máximo de consumo de servicio Web desde el teléfono y  $T_{\text{rfid}}$  es

el tiempo de reconocimiento del módulo de lectura RFID.

La variable  $T_{\text{rfid}}$  debe considerarse en caso de que se conecte el módulo en el momento de iniciar la aplicación, caso contrario es igual a 0 s. Para la evaluación se fijó el valor de 2 s. Los valores máximos para el resto de variables de acuerdo con las características técnicas de equipos y a tiempos de procesamiento, son:  $T_{\text{act}} = 20$  s,  $T_{\text{micro}} = 2$  s,  $T_{\text{web}} = 10$  s. Entonces el tiempo máximo para el prototipo probado es 34 s.

Se debe considerar que el tiempo de actualización de cada lectura de los sensores, no sea muy corto, porque se generaría muchos datos que pueden saturar la memoria del servidor, ni tampoco sea tan alto que haga que las alertas lleguen demasiado tarde. Según la revista online Means of Escape [23], la clasificación para el edificio considerado en este proyecto, es tipo A y el tiempo de evacuación mínimo recomendado para estas construcciones es de 3 minutos, este valor aumenta de acuerdo con el número de personas y salidas disponibles.

Además, un valor razonable para la actualización de alarmas, especialmente temperatura es de 1 minuto. El valor de  $T_{\max}$ , obtenido sobre la base de las pruebas realizadas, es considerablemente menor que el recomendado, ya que lo que determina su eficacia para notificar incidencias.

Se comprueba la navegación en el plano 2D de la edificación según la ubicación de las etiquetas RFID. Para el modelo a escala se establece 6 cm como distancia máxima de lectura del módulo RFID.



## 5.2. Alarmas mostradas en el dispositivo móvil

Para examinar la coherencia entre las imágenes mostradas en el teléfono y las alertas de los sensores, se activaron alarmas incrementando la temperatura alrededor de los sensores y describiendo tres posibles situaciones:

1) Resultados al activar alertas simultáneamente: En la Figura 5 se demuestra el comportamiento del sistema ante la presencia de alarmas al detectar cada alerta (zona roja), el mensaje de evacuación de la parte inferior de la aplicación cambia mostrando la salida disponible para evacuar. Con la activación de varias alarmas la aplicación actualiza la ruta de emergencia (línea verde) y el mensaje de evacuación presenta las salidas disponibles en ese momento tanto en el móvil como en el servidor Web (Figura 6).

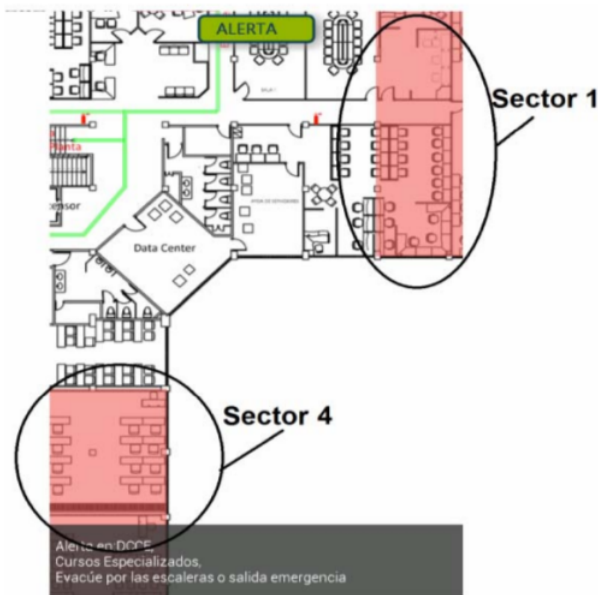


Figura 5. Alertas simultáneas en una misma planta.

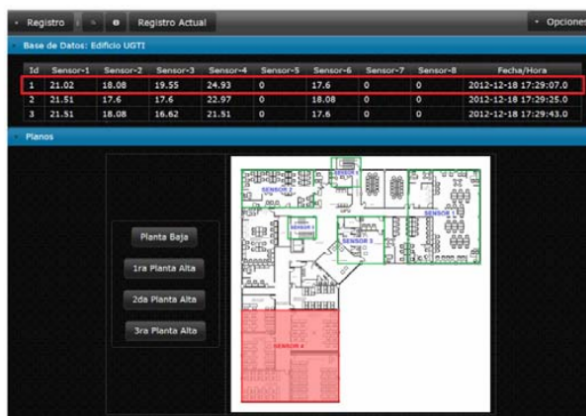


Figura 6. Visualización de alertas y rutas posibles en servidor Web (parte inferior) y con historial de reportes (parte superior).

2) Comportamiento del sistema de evacuación al activarse: Con la activación de todas las alarmas de un piso, implica que todas las salidas de evacuación están bloqueadas, el sistema recomienda al usuario ubicarse en un sector libre de amenazas y donde se facilite su rescate. La ruta de evacuación dirige al usuario a este sector y el mensaje le indica que espere la ayuda del cuerpo de bomberos. En la Figura 7, se puede ver que el sector libre de amenazas se recalca con un cuadrante azul.



Figura 7. Alerta visualizada desde la aplicación Android.

3) Comportamiento del sistema de evacuación con alarmas en diferentes pisos del edificio: Se comprueba que los mensajes y las rutas de evacuación, se actualizan con alarmas generadas en un piso diferente. El objetivo de estas pruebas es garantizar una ruta de evacuación segura, de acuerdo con la situación en todo el edificio.

Si el usuario se encuentra en el piso superior, el sistema de evacuación envía las notificaciones del piso donde se detectó una alerta. El sistema también actualiza el mensaje de evacuación. Si la alerta corresponde a las escaleras del piso inferior, el mensaje de evacuación recomienda usar únicamente la salida de emergencia.

## 6. Conclusiones

El sistema propuesto consta de la integración de tecnologías RFID, WiFi y Web. La utilización de tecnología RFID-móvil tiene impactos positivos en situaciones de emergencia y si se considera relación costo-beneficio, constituye una solución económica en

relación a tecnologías como WiFi o Bluetooth. Se propone redundancia con tecnología WiFi para actualización de rutas de escape en situación de emergencia, proponiendo el algoritmo Dijkstra básico como mecanismo de resolución de rutas, teniendo como obstáculos los determinados por los sensores. El sistema Web sirve como mecanismo de extracción de historiales y, por otra parte, permite la gestión de la emergencia en un contexto global.

El sistema YANAPAY maneja tiempos de actualización bajos, que influyen directa y positivamente a la reducción de tiempos totales de evacuación. Fue sometido a tests de funcionalidad para aplicaciones Android-UTC y cumple con todas las características de diseño especificadas por la norma.

Según el trabajo desarrollado, se han identificado los siguientes trabajos futuros:

Mejorar el sistema con mecanismo de inclusión para personas con capacidades especiales.

Analizar opciones de selección de rutas adaptables a problemas de evacuación.

Incorporar nuevas tecnologías de visualización, como son vistas 3D y realidad aumentada.

Proponer mecanismos de minería de datos para explotar la información almacenada por el servidor Web.

## Referencias

- [1] Q. Rossetti and T. Sattar, *Simulating Large-Scale Evacuation Scenarios in Commercial Shopping Districts Methodologies and Case Study*, 1st ed. U.S. Department of Homeland Security, 2010.
- [2] D. Chittaro and L. Nadalutti. A mobile RFID-based system for supporting evacuation of buildings. Udine, Italia. Dept. of Math and Computer Science.
- [3] J. Ahn and R. Han. An indoor mobile augmented-reality evacuation system by personalized pedometry. EEUU. Department of Computer Science, University of Colorado.
- [4] A. Rakip and B. Fatmagul. (2012) An evacuation system for extraordinary in-door air pollution disaster circumstances. Turquía. Universidad Karabuk.
- [5] K. Jorg Baus and C. Kray. A survey of map-based mobile guides. Denmark. Saarland University.
- [6] n/d. Reporte digital. España. [Online]. Available: <http://www.rtve.es/noticias/20120618/espana-entre-paises-mas-caros-mayor-penetracioninternet-movil-ue/537595.shtml>
- [7] INEC, “Reporte anual de estadísticas sobre tecnologías de la información y comunicaciones (TIC’s 2011),” INEC, Tech. Rep., 2011.
- [8] n/d. Reporte digital. España. [Online]. Available: <http://www.coberturadigital.com/2012/02/16/internet-en-ecuador-smartphones-gananterreno/>
- [9] *ISO/IEC 14443*, ISO/IEC Std. [Online]. Available: [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=39693](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39693)
- [10] *Technical and operating parameters and spectrum use for short-range radiocommunication devices*, ITU-R Std., 2010. [Online]. Available: <http://www.nearfieldcommunication.org/nfc-signaling.html>
- [11] NFC. Nfc signaling technologies. [Online]. Available: <http://www.nearfieldcommunication.org/nfc-signaling.html>
- [12] Libera. RFID: Tecnología, aplicaciones y perspectivas. Libera Networks. Málaga, España. [Online]. Available: [http://www.libera.net/productos/libera-r\\_d-library-system](http://www.libera.net/productos/libera-r_d-library-system)
- [13] D. Bandyopadhyay and J. Sen, “Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization,” *Wireless Personal Communications*, vol. 58, no. 1, pp. 49–69, 2011.
- [14] P. Kumar. Framework of smart mobile rfid network. Vidya Vihar Institute of Technology.
- [15] Y. Zeng, S. Murphy, L. Sitanayah, T. Tabirca, T. Truong, K. Brown, and C. Sreenan, “Building fire emergency detection and response using wireless sensor networks,” in *9th IT & T Conference, School of Computing*, 2009.
- [16] Y. Cheng, “Using ZigBee and room-based location technology to constructing an indoor location-based service platform,” in *Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, Kyoto, September 2009, pp. 803–806.
- [17] W. H. van Willigen, R. M. Neef, A. van Lieburg, and M. Schut, “WILLEM: a wireless intelligent evacuation method,” in *Third International Conference on Sensor Technologies and Applications*, June 2009, pp. 382–387.
- [18] Y. Inoue, A. Sashima, T. Ikeda, and K. Kurumatani, “Indoor emergency evacuation service on autonomous navigation system using mobile phone,” in *Second International Symposium on Universal Communication*, 2008.



- 
- [19] Secretaría de Riesgos de Ecuador, *Manual de Cooperación Internacional*, febrero. [Online]. Available: <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/manual-de-cooperacion-internacional-feb-2011.pdf>
- [20] S. McGlennon and B. Turner. (2010) Promoting safe egress and evacuation for people with disabilities. National Disability Authority.
- [21] O. Capote, D. Alvear, and A. Cuesta, “Modelado y simulación computacional de evacuación en edificios singulares,” *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, vol. 25, pp. 227–245, 2009.
- [22] L. Yang, S. Yang, and L. Plotnick, “How the internet of things technology enhances emergency response operations,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 80, no. 9, pp. 1854–1867, 2013.
- [23] L. Eslim, W. Ibrahim, and H. Hassanein, “GOS-SIPY: A distributed localization system for internet of things using RFID technology,” in *Global Communications Conference (GLOBECOM)*, 2013 IEEE, 2013, pp. 140–145.